



AI és RG, azaz Artificial Intelligence és Renormalization Group

A. Jakovác

ELTE, Dept. of Atomic Physics

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

- Vajon miért van szükség (mesterséges) intelligenciára?
- Az állatvilágban miért nem képletek kiértékelésével (logikával) tájékozódnak az állatok?
 - ⇒ a logika az emberek jó része számára is nehézkes
- Mi az intelligencia és a megértés, a tudás és a látás viszonya?
- Mit várhatunk/várjunk az AI eredményeképpen?

link: <http://jakovac.web.elte.hu/unikornis.pdf>

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről**
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

A tudományos világgép alapjai:

- a világot **törvények** irányítják
- a lehetséges törvények alakját a **logika**, illetve általánosítva a **matematika** szabja meg

Következmények:

- ugyanolyan körülményekből indulva ugyanazon eredményhez jutunk
⇒ **kísérletek, gépek**
- A világ megismerhető, ha elegendően szorgosan feltárjuk a törvényeket
- Minden determinisztikus, nincs “gondolkodás”, “szabad akarat”

A tudományos világnézet alapjai:

- a világot **törvények** irányítják
- a lehetséges törvények alakját a **logika**, illetve általánosítva a **matematika** szabja meg

Következmények:

- ugyanolyan körülményekből indulva ugyanazon eredményhez jutunk
⇒ **kísérletek, gépek**
- A világ megismerhető, ha elegendően szorgosan feltárjuk a törvényeket
- Minden determinisztikus, nincs “gondolkodás”, “szabad akarat”

Nagyon robusztus világnézet (materializmus) – de igaz-e?

- Törvényeket keresünk \Rightarrow megfigyeljük a világot (**mérünk**) és a mérési eredményeket (**tények**) rögzítjük.
- Csakhogy a “tények” rengetegen vannak: egy asztalon guruló golyót figyelve a szem kb 1GB/sec adatot küld át.
- **Következmény**: ki kell választanunk a megfigyelt jelenség szempontjából fontos méréseket (**releváns fogalmakat**), ezek között kell az összefüggést megtalálnunk!

Egy dimenziós rendszer: **asztalon guruló golyó**. Többféle nagyság, anyag, szín, sokféle indítás, stb.

Megismételhető legyen

Mik a releváns fogalmak?

Csináljunk **tesztrendszer**t: a megfigyelt golyónkat egy tesztgolyónak ütköztetjük, amelyből n -szeres tömeget vehetünk ($n = 1 \dots \infty$).

Megmérjük a tesztgolyó asztalról való leesésének idejét: t_n .

Kiderül: bármely adott golyó esetén $t_n = (2 - n)t_1 + (n - 1)t_2$

Következmény: két releváns paraméter jellemzi az asztalon guruló golyót (pl. tömeg és sebesség vagy energia és impulzus).

Általában nem kell megállapítani a releváns fogalmakat, mert az emberiség már csomót megismert belőlük:

tudományágak

Egy-egy tudományág adott fogalomkészlettel dolgozik:

- **modell**: egy jelenségkör szempontjából releváns fogalmak és a közöttük megismert összefüggések rendszere
- Releváns fogalmak zárt, önkonzisztens rendszerét **fixpontnak** is nevezhetjük, mert nincs (belső) kényszer arra, hogy a foglalomkört bővítsük.
- **világkép**: egy adott ember világról alkotott modellje

Általában nem kell megállapítani a releváns fogalmakat, mert az emberiség már csomót megismert belőlük:

tudományágak

Egy-egy tudományág adott fogalomkészlettel dolgozik:

- **modell**: egy jelenségkör szempontjából releváns fogalmak és a közöttük megismert összefüggések rendszere
- Releváns fogalmak zárt, önkonzisztens rendszerét **fixpontnak** is nevezhetjük, mert nincs (belső) kényszer arra, hogy a foglalomkört bővítsük.
- **világkép**: egy adott ember világról alkotott modellje

Fontos

A modell nem azonos a világgal, csak annak (valamilyen szempontból) releváns fogalmairól ad számot!

- A megértés egy jelenségkör összes releváns fogalmának, és azok viszonyának, azaz a **fixpontnak** és a **fixpont modellnek** az ismeretét jelenti.
- **Jóslás:** a megértéssel lehet pontos jóslatokat adni, azaz tetszőleges helyzetben megadható a rendszer válasza
⇒ gépek
persze ha megváltozik a fixpont, másként reagál a rendszer...
- Megértés ellenőrzése: releváns fogalmak megléte, azonos jóslatok tevése.

Sokszor egy adott probléma nagyon összetett, azonban egyszerűbb részrendszerekből áll:

- klasszikus példa: óramű, hídszerkezet, ... – **mechanikai gépek**
- többszörös összetétel, pl. számítógép
- **tudományágak hierarchiája**
 - biológia, kémia, fizika
 - klasszikus fizika, kvantummechanika, kvantumtérelmélet
 - anyag, atom, atommag, nukleonok, QCD (kvarkok)/ SM (Standard Modell), GUT, húrelmélet

Ez azt jelenti tehát, hogy:

- az atomfizika jelenségei nem érthetők teljesen a QED és az atommag fizikája nélkül
- az atommag fizikája a nukleáris kölcsönhatásokból épül fel
- a nukleáris kölcsönhatások a kvarkok fizikájából következnek
- ...

Következmény

- A teljes megértéshez a mikroszkopikus modellt kell megérteni
- A világ megértésének kulcsa a ToE (Theory of Everything) felkutatása

Ebben a szellemben folyik a mai fizika megismerése
CERN, LHC, SM, húrelmélet, kvantumgravitáció, Higgs-bozon az
“isteni a-tom”, stb.

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai**
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

A nagymama a konyhában pogácsát készít. . . és milyen jól!
ugyanakkor

- A nagymama nem ismeri a húrelméletet (sőt, nem is tud róla)
- Tökéletes pogácsát készít
- Mi, akik ismerjük a húrelméletet/SM-t/fizikát nem tudunk pogácsát sütni.

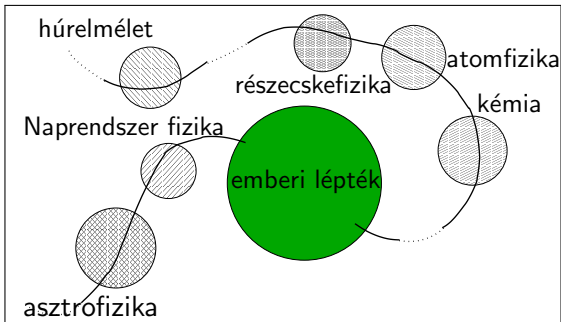
Ellentmondás?

a húrelmélet a világ magyarázata, ugyanakkor nem segít a pogácsakészítésben. . .

Vonjuk le a következtetéseket

- A világnak **nem magyarázata** a húrelmélet.
- A világ különböző fixpontjainak **teljesen eltérő a releváns fogalomkészlete**.
- Ugyanakkor mégiscsak valahogyan “magyarázata” a pogácsának a kémiai felépítése, annak az atomos kölcsönhatások az okai, annak... elérünk a húrelméletig.

Láthatólag a világ felépítése valami ilyesmi:



- **skála változtatásával** újabb és újabb fixpontok tartományába jutunk
- a különböző fixpontok eltérő releváns fogalmakat tartalmaznak
- adott fixpont releváns fogalmai a többi fixpont számára általában nem relevánsak (irrelevánsak)

De vajon mi a magyarázata a fixpontok egymásba alakulásának?

- Az óra, a nagymama pogácsája mind tudatos tervezés eredménye – **hogyan lehetséges tervezés nélkül?**
- harmonikus oszillátor (vagy szabad részecskék halmaza) minden skálán ugyanaz marad



Fixpontok létezésének feltétele

sok fixpont csak kölcsönható rendszerekben lehetséges

De vajon mi a magyarázata a fixpontok egymásba alakulásának?

- Az óra, a nagymama pogácsája mind tudatos tervezés eredménye – **hogyan lehetséges tervezés nélkül?**
- harmonikus oszillátor (vagy szabad részecskék halmaza) minden skálán ugyanaz marad



Fixpontok létezésének feltétele

sok fixpont csak kölcsönható rendszerekben lehetséges

Kritikus tulajdonság

A kölcsönható elméletekben ugyanis létezik **árnyékolás**, ez vezet a különböző fixpontokhoz.

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás**
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

Tekintsünk egy példát a “mindennapi életből”:

- ég egy reflektor valahol F forráserősséggel
- r távolságból figyeljük
- a levegőben por száll vagy rovarok repkednek

Mi történik?

- Ha tiszta a levegő, a fényforrás erősségét $\frac{F}{r^2}$ -nek látjuk.
- A por vagy a rovarok miatt a valóságban gyorsabban csökkenő függvényt látunk \Rightarrow **forrás erősségének csökkenésével** jellemezhetjük

F relatív csökkenése kitalart felület relatív arányával egyezik:

$$\frac{dF(r)}{F(r)} = -\frac{4\pi r^2 dr n \sigma}{4\pi r^2} = -dr n \sigma \quad \Rightarrow \quad F(r) = F(0) e^{-\sigma \int_0^r dr' n(r')}$$

- ha bekapcsolunk egy **másik reflektort**, az a rovarok egy részét, magához vonzza, **“megtisztítja a levegőt”**

A rendszer leírása kétféle módon történhet:

- **mikroszkopikus**: a port/rovarokat leírom egyesével vagy statisztikusan
- **effektív**: csak a fényforrásokat és a megfigyelőiket tekintem, de úgy, hogy a “közeg” (por/rovarok) hatását már beleszámolom.

Ez utóbbi esetben az effektív leírás paraméterei:

- a **források erőssége helyfüggő**, pl az előbb $F(r) \sim e^{-\#r}$, ha a sűrűség állandó
- **új kölcsönhatások keletkeznek**: az előbb tiszta esetben a felém irányuló reflektorok fényének összegét látom, közeg esetében egy másik reflektor megtisztíthatja a levegőt \Rightarrow az első reflektort fényesebbnek látom a második jelenléte miatt!

Mindez végigkövethető egy külső/belső részekre felosztható rendszer esetén, de mi a helyzet, ha a rendszer objektumai **források és árnyékolók** egyben?

önkölcsönható/önárnyékoló rendszerek

Például: atomok mozgását akarom szimulálni

- atomméret $\sim \text{Å}$ \Rightarrow válasszunk legkisebb méretet, pl. 5 Å -t
ilyen módon az atomokat pontszerűnek tekinthetem!
- vegyünk párkölcsönhatást ($2 \rightarrow 2$ szórást)
- időfejlődés \Rightarrow **fizikai eredmények**
pl. fahő, vezetőképesség, viszkozitás, kompresszibilitás, stb.

De esetleg valaki más másik legkisebb mérettel akar indulni!

- a párkölcsönhatás erősségét változtatni kell
a két skála közötti árnyékolás miatt
futó csatolási állandó
- új kölcsönhatásokat is figyelembe kell venni
a közeg aktivitása miatt

De esetleg valaki más másik legkisebb mérettel akar indulni!

- a párkölcsönhatás erősségét változtatni kell
a két skála közötti árnyékolás miatt
futó csatolási állandó
- új kölcsönhatásokat is figyelembe kell venni
a közeg aktivitása miatt

Ekvivalencia

Létezik egy olyan elmélet ' a ' legkisebb méretet választva, amely azonos fizikai eredményeket szolgáltat, mint egy ' a_0 ' méretre felépített elmélet.

Elnevezések

- Perfect action, Line of Constant Physics (LCP)
- skálaváltás: renormálási csoport (RG) transzformáció

Hogyan is kell eljárni, hogy megtaláljuk a perfekt hatást?

Matching

Vegyünk egy **spin modellt** (pl. Ising modell), a_0 rácsállandóval.

- Számoljunk ki minden IR megfigyelhető mennyiséget (szimuláció) fizikai egységekben
“elég” az összes n -pont korrelációs függvény $\langle s_1 \dots s_N \rangle$.
- Változtassuk meg a rácsállandót a -ra \Rightarrow a korrelációs függvények rács egységekben mások lesznek!
- Vezessünk be egy általános hatást k -szomszéd kölcsönhatással, és határozzuk meg az együtthatóit, hogy a **fizikai korrelációs függvények ne változzanak!**

Ilyen módon a két modell ugyanazt a fizikát fogja leírni!

Az n -pont korrelációs függvény változatlan marad, azaz nem függ az a skála konkrét választásától, ha megfelelő $g_r(a)$ csatolásokat használok a hatásfüggvényben.

Matematikailag

- hatásfüggvény alakja $S = \sum_r g_r O_r(s)$, ahol $O_r(s)$ mindenféle spinekből képezhető mennyiség; pl.
 - $O_1 = \sum_{\langle i,j \rangle} s_i s_j$ elsőszomszéd-kölcsönhatás
 - $O_2 = \sum_{\langle i,j,k \rangle} s_i s_j s_k$ három-test kölcsönhatás
 - stb (itt egy végtelen lista következik!!)
- a $G^{(n)}(x_1, \dots, x_n)$ n -pont korrelációs függvények függetlenek a -tól:

$$\frac{d}{da} G^{(n)}(x_1, \dots, x_n; g_r(a); a) = 0$$

Minden rögzített (x_1, \dots, x_n) vektor n -esre kapok egy differenciálegyenletet \Rightarrow annyi csatolást kell felvennem, hogy mind teljesüljön!

Ha tudjuk/reméljük, hogy nem hagyjuk el a fixpont környezetét, akkor az “általános hatás” alakját redukálhatjuk kizárólag a releváns fogalmakra (operátorokra).

- pl. $\mathcal{L} = \frac{Z}{2}(\partial_\mu \Phi)^2 - \frac{m^2}{2}\Phi^2 - \frac{\lambda}{24}\Phi^4$ a skalár Φ^4 modell
- Csak Z_a , m_a^2 , λ_a változását követjük!
- elég **három** fizikai mennyiség változatlanóságát megkövetelni!
- eredmény (perturbációszámítás): $\lambda_a = \frac{1}{\beta \ln \Lambda a}$,
(β és Λ konstansok).

- $\lambda_a \xrightarrow{a \rightarrow 0} 0$ trivialitás
- $\lambda_a \xrightarrow{a \rightarrow 1/\Lambda} \infty$ Landau-pólus.

Ha elhagyjuk a régi fixpontot. . .

Bonyolultabb esetben elhagyjuk a fixpontot

– Milyen alakban keressük az “elegendően általános” hatást?

Szó szerint **minden** operátort bele kell tennünk!



Ez nem lehetséges ⇒ **mit tegyünk??**

- **Ha ismerjük az új fixpontot:** a hatásba tegyük be mindkét fixponthoz tartozó releváns fogalmakat is!
dinamikus evolúció, fajok szétválása, QCD-nukleon átalakulás
- **Ha egyértelmű a skálafejlődés,** azaz minden skálához egyetlen fixpont tartozik ⇒ használjunk mikroszkopikus szimulációt, és nagy skálákon keressük meg a releváns fogalmakat
- Ha ismeretlen, több fixpont van egy kisebb skálán??
⇒ **nem megismerhető a világ!**
történelem, műszaki fejlődés, létező állatfajok, stb.

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?**
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

Tekintsünk egy bonyolult, sok fixpontból álló rendszert
hogyan keressük meg a releváns fogalmakat?

Nézzük hosszú ideig!

Az emberi intelligencia nagyon alkalmas a törvényszerűségek felismerésére \Rightarrow I. tudományágak

Következmény

ha már sok okos ember nézte több évtizedig a problémát, és nem talált egyszerű törvényt, akkor azok **nem léteznek!**

Ha van egy egyszerű modell, amely 80-90%-ban leírja a rendszert, akkor adjunk hozzá jól motivált korrekciókat
(tudományos módszer)

- erős kölcsönhatások fizikája: sok hadron modellek
- tőzsde, opció árazás: eredeti sztochasztikus differenciálegyenlethez egyre több tagot adnak
- közgazdaságtan (?): gazdasági hatások ad hoc figyelembevétele
- klímakutatás, orvostudomány (rákkutatás, autoimmun betegségek, stb.)

Tapasztalat

Nem lehet lényegesen növelni a pontosságot! Egyik helyen javul, máshol sokkal rosszabb!

Miért nem működnek a fenti stratégiák?

Miért nem jók a fenti stratégiák?

- csak akkor lehet felderíteni a fixpontok releváns fogalmait, ha **erős hierarchia** van a fogalmak között azaz bizonyos dolgok fontosak, mások nem

Miért nem jók a fenti stratégiák?

- csak akkor lehet felderíteni a fixpontok releváns fogalmait, ha **erős hierarchia** van a fogalmak között
azaz bizonyos dolgok fontosak, mások nem
- ha az irreleváns hatások egyesével nem, de tömegével mégis adnak járulékot \Rightarrow **zaj, statisztika**
statisztikus fizika, tőzsde, közlekedés, stb.

Miért nem működnek a fenti stratégiák?

Miért nem jók a fenti stratégiák?

- csak akkor lehet felderíteni a fixpontok releváns fogalmait, ha **erős hierarchia** van a fogalmak között
azaz bizonyos dolgok fontosak, mások nem
- ha az irreleváns hatások egyesével nem, de tömegével mégis adnak járulékot \Rightarrow **zaj, statisztika**
statisztikus fizika, tőzsde, közlekedés, stb.
- probléma akkor van, ha nagy számú (végtelen) fogalom fontos, különböző mértékben, de nincs éles (numerikus) határ a fontos és nem fontos fogalmak járuléka között!
gyenge hierarchia, “nem integrálható” a fogalmi relevancia

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?**
- 7 Véggövetkeztetések

Van egyáltalán megoldás?

Van egyáltalán megoldás?

Állatvilág:

- antilop észreveszi a fűben a lopakodó leopárdot, pedig igen sok hatás éri
- légy elkerüli a légycsapót
- stb.

Van egyáltalán megoldás?

Állatvilág:

- antilop észreveszi a fűben a lopakodó leopárdot, pedig igen sok hatás éri
- légy elkerüli a légycsapót
- stb.

⇒ van megoldás: **a látás!**

- Nem szűk, motivált, előre adott fogalomkészlettel gazdálkodnak
helyette: sok, egy adott fixpont körül akár “értelmetlen” foglamakkal
fontosabb a felhasználható fogalmak sokszínűsége, nagy száma, mint a motiváltsága

- Nem szűk, motivált, előre adott fogalomkészlettel gazdálkodnak
helyette: sok, egy adott fixpont körül akár “értelmetlen” foglamakkal
fontosabb a felhasználható fogalmak sokszínűsége, nagy száma, mint a motiváltsága
- A fogalmak összerakása esetleges, a **hasznosság** dönti el, hogy releváns lehet-e.

- Nem szűk, motivált, előre adott fogalomkészlettel gazdálkodnak
helyette: sok, egy adott fixpont körül akár “értelmetlen” foglamakkal
fontosabb a felhasználható fogalmak sokszínűsége, nagy száma, mint a motiváltsága
- A fogalmak összerakása esetleges, a **hasznosság** dönti el, hogy releváns lehet-e.
- Különbözően összerakott fogalmak is lehetnek ugyanolyan hasznosak
 - nincs “jó” és “rossz” megoldás, amennyiben hasznos
 - minden látás különbözik egymástól
 - egy adott helyzet megítélésében a különböző megoldások más eredményt adhatnak, de mind jó! ⇒ **nem éles a logika**
pl.: szép-e egy Picasso-kép?

A látás kialakulása

- kell egy igen nagy lehetőségeket biztosító rendszer (pl. C-alapú vegyületek, fehérjék, élő test, számítógép)
- rengeteg kombinációt ki kell próbálni, a hasznosakat megtartani

- kell egy igen nagy lehetőségeket biztosító rendszer (pl. C-alapú vegyületek, fehérjék, élő test, számítógép)
- rengeteg kombinációt ki kell próbálni, a hasznosakat megtartani
- **élővilágban**: egyedről egyedre némileg más bilógiai felépítés miatt változó fogalmi háló (azaz tulajdonságok) a hasznosság kérdését a **faj túlélése** adja meg
az (általános) látás kialakulása evolúcióval megy!

- kell egy igen nagy lehetőségeket biztosító rendszer (pl. C-alapú vegyületek, fehérjék, élő test, számítógép)
- rengeteg kombinációt ki kell próbálni, a hasznosakat megtartani
- **élővilágban**: egyedről egyedre némileg más bilógiai felépítés miatt változó fogalmi háló (azaz tulajdonságok) a hasznosság kérdését a **faj túlélése** adja meg
az (általános) látás kialakulása evolúcióval megy!
- magasabbrendű állatoknál \Rightarrow agy
külső evolúció helyett az agy szerkezetének módosításával (belső evolúció) is lehet a tulajdonságokat változtatni!
a látás kialakulása tanulás/intelligencia segítségével megy!

- kell egy igen nagy lehetőségeket biztosító rendszer (pl. C-alapú vegyületek, fehérjék, élő test, számítógép)
- rengeteg kombinációt ki kell próbálni, a hasznosakat megtartani
- **élővilágban**: egyedről egyedre némileg más bilógiai felépítés miatt változó fogalmi háló (azaz tulajdonságok) a hasznosság kérdését a **faj túlélése** adja meg
az (általános) látás kialakulása evolúcióval megy!
- magasabbrendű állatoknál \Rightarrow agy
külső evolúció helyett az agy szerkezetének módosításával (belső evolúció) is lehet a tulajdonságokat változtatni!
a látás kialakulása tanulás/intelligencia segítségével megy!

Következmény

Az intelligencia/tanulás és az evolúció szinoním fogalmak, mindkettő az (álatlánosított) látás kialakulásához vezet!

- Egyszerű fogalmi hálók (erős hierarchia) esetén minden releváns fogalom felderíthető
megérthető a rendszer \Rightarrow tudomány helyes módszer minden kérdésre egyértelmű válasz adható

- Egyszerű fogalmi hálók (erős hierarchia) esetén minden releváns fogalom felderíthető
megérthető a rendszer \Rightarrow tudomány helyes módszer minden kérdésre egyértelmű válasz adható
- Bonyolult fogalmi hálóknál (gyenge hierarchia) tapasztalati úton kell kialakítani a releváns fogalmakat
látunk a rendszerben \Rightarrow evolúció e helyes módszer
 - a kérdésekre nem adható egyértelmű válasz (tévedés mindig lehet)
 - mindenkiben más fogalmi háló alakul ki
 - éppen ezért a fogalmi háló nem “érthető”, csak egyszerűen helyes (releváns).

- Egyszerű fogalmi hálók (erős hierarchia) esetén minden releváns fogalom felderíthető
megérthető a rendszer ⇒ tudomány helyes módszer minden kérdésre egyértelmű válasz adható
- Bonyolult fogalmi hálóknál (gyenge hierarchia) tapasztalati úton kell kialakítani a releváns fogalmakat
látunk a rendszerben ⇒ evolúció e helyes módszer
 - a kérdésekre nem adható egyértelmű válasz (tévedés mindig lehet)
 - mindenkiben más fogalmi háló alakul ki
 - éppen ezért a fogalmi háló nem “érthető”, csak egyszerűen helyes (releváns).
- Lehet harmadik lehetőség? A személyes, tudatos szint? Ott hogy tájékozódjunk??
“Ami szavakkal mondható/ nem az igazi Tao” (Tao-te-king)

Mit várhatunk a (mesterséges) intelligenciától?

- az intelligencia eredménye a látás
 - ⇒ **nem várhatunk megértést**, pl. képlet formájában jóslatairól nem tudjuk, miért igazak, csak egyszerűen azok...
- biztosan **tévedni** fog időnként...
mert például abból tanul!
- viszont tetszőleges fogalmi hálózhoz igazodni képes (nem rendszerspecifikus)
- magától elválasztja a fontosat és a lényegtelenet (pl. zaj érzéketlen)

- 1 Motivációk
- 2 A tudomány módszereiről
- 3 A nagymama pogácsájának tanulságai
- 4 Renormálás azaz árnyékolás
- 5 Mit ne tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 6 Mit tegyünk a túlsúlyos fixpontokkal?
- 7 Véggövetkeztetések

- A (mesterséges) intelligencia **nem helyettesítheti a megértést**, mert nem arra való \Rightarrow **big data science?**
- Alkalmas lehet olyan rendszerekben való tájékozódásra, ahol az embernek nincs érzékszerve, vagy veszélyes rá nézve.
- **Sci-fi: az emberi agy bizonyos részeinek helyettesítése, tudatátvitel?**